

# Desempenho da Atividade Física ao Ar Livre em Centros Urbanos com Poluição Ambiental: Revisão de Escopo

## Performance of Physical Exercise Outdoors in Urban Centers with air Pollution: Scoping Review

Bruna Rosa dos Santos<sup>a</sup>; Lídia Pitaluga Pereira<sup>a</sup>; Ariana Nunes de Moura Vargas<sup>a</sup>; Cristhiane Almeida Leite da Silva<sup>b</sup>;  
Oswaldo Borges Pinto Júnior<sup>a</sup>; Walkiria Shimoya-Bittencourt<sup>\*a</sup>

<sup>a</sup>Universidade de Cuiabá, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. MT, Brasil.

<sup>b</sup>Universidade de Cuiabá, Programa de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas Integradas. MT, Brasil.

\*E-mail; [walkiria.bittencourt@kroton.com.br](mailto:walkiria.bittencourt@kroton.com.br)

---

### Resumo

A qualidade do ar se tornou uma preocupação global e tem sido considerada um problema de saúde pública, principalmente, porque os grupos de praticantes de atividade física ao ar livre sofrem os efeitos da exposição aos poluentes atmosféricos. Apesar de diversos apontamentos serem propostos para explicar os efeitos da poluição do ar na saúde humana, esse aspecto ainda carece de informações sobre os seus efeitos no desempenho da atividade física. Diante deste contexto, o presente estudo propõe mapear as evidências científicas relacionadas aos efeitos da poluição do ar em grandes centros urbanos e o desempenho da atividade física realizada em ambiente externo. Trata-se de uma revisão de escopo baseada na metodologia proposta pelo Instituto Joanna Briggs. Foram consultadas as seguintes bases: *Medline*, *Cinahl*, *Embase*, *PEDro*, *Scopus*, *Web of Science* e *Proquest*. Após revisão por dois revisores independentes foram analisados 13 estudos. Os estudos reforçam que ambiente externo poluído influencia negativamente o desempenho na atividade física e, ainda que a poluição atmosférica promove alterações funcionais respiratórias e cardiovasculares.

**Palavras-chave:** Exercício Físico. Poluentes Atmosféricos. Desempenho Físico Funcional.

### Abstract

*Air quality has become a global concern and has been considered a public health problem, mainly because groups of people who practice physical activity outdoors suffer the effects of exposure to atmospheric pollutants. Although several notes have been proposed to explain the effects of air pollution on human health, there is still a lack of information on its effects on the performance of physical activity. Given this context, the present study proposes to map the scientific evidence related to the effects of air pollution in large urban centers and the performance of physical activity carried out outdoors. This is a scoping review based on the methodology proposed by the Joanna Briggs Institute. The following databases were consulted: Medline, Cinahl, Embase, PEDro, Scopus, Web of Science and Proquest. After review by two independent reviewers, 13 studies were analyzed. Studies reinforce that a polluted external environment negatively influences performance in physical activity and, even though air pollution promotes respiratory and cardiovascular functional changes.*

**Key words:** Exercise. Air pollutants. Functional physical performance.

---

## 1 Introdução

A busca pela saúde está cada vez mais constante, trazendo maior visibilidade para a prática de atividades físicas. Os exercícios físicos são comumente praticados pelo fato serem realizados individualmente ou em grupo, ao ar livre e estimularem o prazer do contato com o meio externo. O baixo custo e os horários adaptáveis também são aspectos importantes. Além disso, a saúde pública tem uma visão positiva dessa tendência, uma vez que o bem-estar físico e psicológico faz parte dos atuais conceitos de saúde (Hodgson; Hitching, 2018).

A atividade física regular provoca uma série de respostas fisiológicas referentes às adaptações realizadas no organismo que proporcionam benefícios aos seus praticantes como a normalização dos níveis de adrenalina e noradrenalina, melhora dos níveis de glicose sanguínea, da qualidade do sono e, em longo prazo, a diminuição da incidência de doenças músculo-esqueléticas, cardiovasculares e metabólicas (Araújo, 2017;

Silva Junior; Andrade, 2018). Tais alterações permitem que a musculatura em uso não sofra com a demanda de atividade. A manutenção, as repetições e a frequência dessas respostas levam o organismo a otimização do seu desempenho, conseqüentemente, uma melhora na performance motora, constituindo um indicador do nível de saúde individual e coletivo (Ferreira, 2017; Matsudo, 2001; Verardi, 2013).

Por outro lado, durante o exercício, a inalação de ar se torna maior com o aumento de oxigênio necessário para atender o corpo. O aumento da respiração associado aos altos níveis de gases poluentes no ar poderá adentrar no trato respiratório através de pequenas partículas (Pelegri, 2011; Arbex, 2019) e causar uma resposta inflamatória no aparelho respiratório induzido pela ação de substâncias oxidantes. O aumento da produção, acidez, viscosidade e da consistência do muco produzido pelas vias aéreas e a diminuição da resposta e/ou eficácia do sistema mucociliar são algumas das conseqüências decorrentes da exposição a poluentes atmosféricos (Bagatin;

Antão; Pinheiro, 2006; Cançado, 2006).

A liberação de gases como monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos totais (HC) e óxidos de nitrogênio (NOx) pelas fontes de poluição contribuem para as frequentes ultrapassagens do padrão de qualidade do ar (Silva Junior; Andrade, 2013; Duda *et al.*, 2020). Além disso, há relatos de que realizar atividade física em ambientes poluídos por gases tóxicos e material particulado pode afetar o desempenho na atividade realizada de forma negativa, especialmente em atletas, pelos efeitos da exposição aguda ao ar poluído de forma mais intensa. Podem apresentar inflamação das vias aéreas e deterioração da função pulmonar em longo prazo (Geraint *et al.*, 2011; Flouris, 2006; Santo *et al.*, 2021).

Em oposição aos efeitos deletérios da poluição, o aumento da atividade pulmonar, induzido pelo exercício, atua como regulador de homeostasia do organismo, ressaltando o importante papel da atividade física, não só na vida dos praticantes, como também para pesquisadores que buscam qualificar os benefícios e malefícios que o hábito da prática pode trazer incluindo entre esses a exposição aos poluentes atmosféricos no ambiente no qual realizam tais atividades (Dapper; Spohr; Zanini, 2016).

Considerando a importância, os benefícios da atividade física regular na saúde e na qualidade de vida das pessoas, além da escassez de estudos que possam orientar e elucidar o mecanismo pela qual a poluição do ar afeta o desempenho na prática de atividade física, este estudo teve como objetivo mapear as evidências científicas relacionadas aos efeitos da poluição do ar em centros urbanos no desempenho da atividade física realizada em ambiente externo.

## 2 Desenvolvimento

### 2.1 Metodologia

Foi realizada uma Revisão de Escopo baseada nas recomendações do Instituto *Joanna Briggs* (JBI) (Aromatis *et al.*, 2024).

#### 2.1.1 Critérios de elegibilidade

Nesta revisão, utilizou-se a estratégia PCC para formulação da pergunta, sendo “P” para população/participantes (praticantes de exercício físico/atividade física de ambos os sexos), “C” para o conceito que se pretende investigar (desempenho do exercício ou rendimento da atividade física), “C” para contexto (ambiente externo com poluição do ar). Ajustando-se o objeto de estudo à estratégia PCC, teve-

se como questão norteadora: quais os efeitos da exposição aos poluentes atmosféricos no desempenho de atividade física realizada em ambiente externo nos centros urbanos? Foram excluídas pessoas que realizaram atividade física em ambientes internos e aquelas expostas à poluição por tabaco.

#### 2.1.2 Fontes de informação

Foram pesquisados estudos publicados em bases de dados indexadas: Medline/PubMed, PEDro, Scopus, Excerpta Medical Data-base (Embase), Cumulative Index to Nursing and Allied Health Literature (Cinahl), Web of Science e *Proquest*, no período de fevereiro a abril de 2019 e atualizado em junho de 2024.

#### 2.1.3 Estratégia de busca

A estratégia de busca procurou selecionar os estudos publicados e não publicados. A estratégia de uma pesquisa inicial limitada à base *Medline/Pubmed* foi realizada seguido pela análise das palavras do texto contidas nos títulos e resumo, e de termos de índice usados para descrever os artigos. A partir desse processo, a estratégia de busca foi adaptada para cada fonte de informação. Foi realizada uma busca manual nas listas de referências de todos os artigos elegíveis, na tentativa de encontrar novas referências. Todos os estudos foram avaliados por dois revisores independentes e as dúvidas ou divergências foram resolvidas com o terceiro revisor. Quando necessário, para os estudos em que os textos não estavam disponíveis na íntegra, os autores dos artigos foram contactados.

#### 2.1.4 Extração e síntese dos dados

Foram extraídos detalhes sobre a identificação da publicação, as características metodológicas dos estudos e o contexto/cenário em que a pesquisa foi realizada. Os dados extraídos dos estudos incluídos nesta revisão foram sumarizados abordando a descrição da estratégia de busca e o processo de inclusão dos estudos e os resultados encontrados apresentados em forma de figuras e tabelas. Não foi realizada avaliação crítica dos estudos, uma vez que não é objeto de estudo da revisão de escopo.

## 2.2 Resultados

As pesquisas nos bancos de dados selecionaram um total de 226 citações de acordo com as estratégias de busca utilizadas em cada base de dado elegível (Quadro 1).

**Quadro 1** - Bases de dados selecionadas para Revisão de escopo e o número de referências encontradas

Bases de Dados	Estratégia de Busca	Referências Recuperadas	Selecionado por Título e Resumo
Cinahl	(“Sports Performance” OR “Athletic Performance” OR “physical performance”) AND (Pollution OR “Environmental Pollution”)	25	17
Embase	(“Sports Performance” OR “Athletic Performance” OR “physical performance”) AND (Pollution OR “Environmental Pollution”)	51	16
Pubmed	(“Sports Performance” OR “Athletic Performance”) AND (Pollution OR “Environmental Pollution”)	20	14

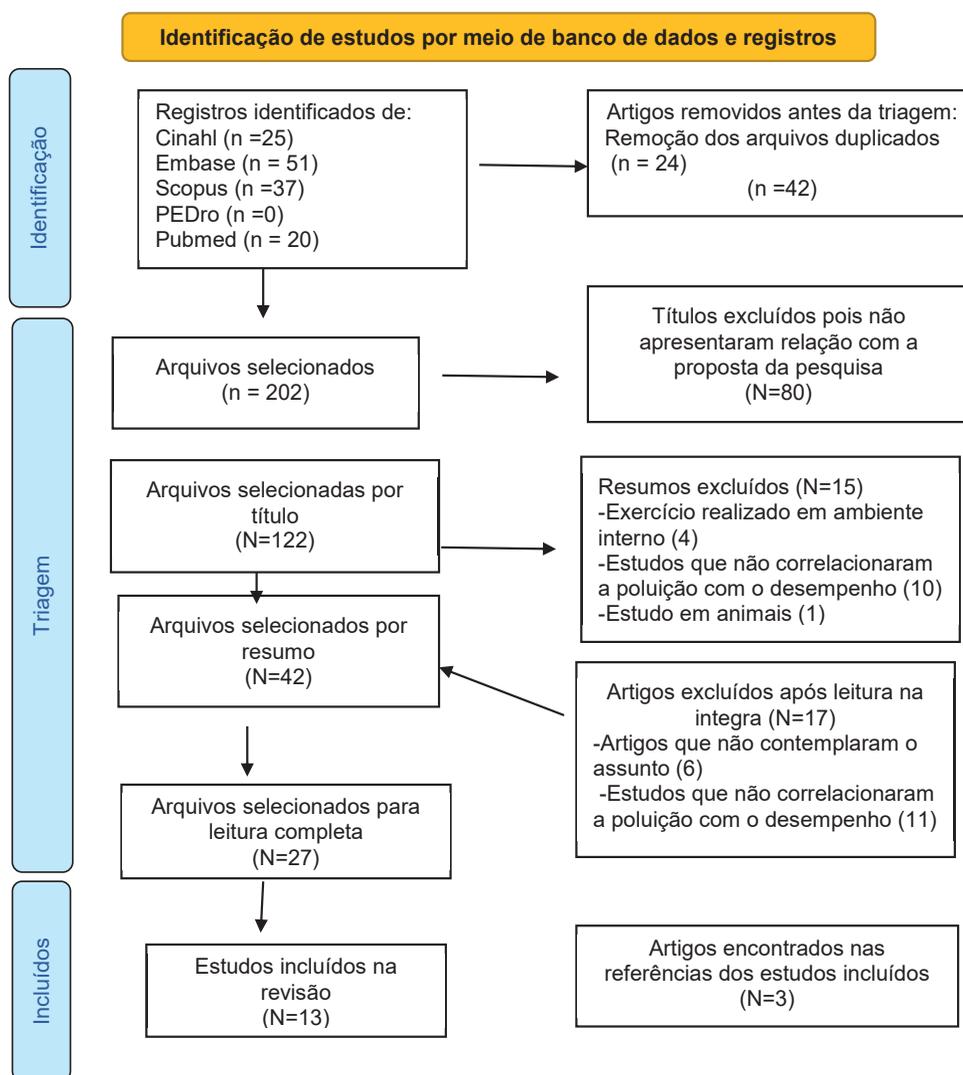
Bases de Dados	Estratégia de Busca	Referências Recuperadas	Selecionado por Título e Resumo
PEDro	("Sports Performance" OR "Athletic Performance" OR "physical performance") AND (Pollution OR "Environmental Pollution")	0	0
Scopus	("Sports Performance" OR "Athletic Performance") AND (Pollution OR "Environmental Pollution")	37	20
Web of Science	("Sports Performance" OR "Athletic Performance") AND (Pollution OR "Environmental Pollution")	27	9
Proquest	("Sports Performance" OR "Athletic Performance" OR "physical performance") AND (Pollution OR "Environmental Pollution")	66	9
<b>Total</b>		<b>226</b>	<b>85</b>

Fonte: dados da pesquisa.

Após remoção de duplicatas (42 estudos) restaram 122 títulos para análise. Após a exclusão de 80 títulos de estudos que não faziam parte do tema da pesquisa, apenas 42 estudos foram para a análise do resumo e destes, 15 foram excluídos.

Foram selecionados 27 estudos para leitura completa, que após a análise foram incluídos na revisão de escopo 13 estudos, sendo um estudo incluído na etapa final, conforme descrito na Figura 1, baseados no PRISMA.

Figura 1 - Processo de seleção e inclusão dos estudos da revisão de escopo.



Fonte: Page et al. (2020).

Os poluentes mais encontrados nos estudos foram o Monóxido de Carbono (CO), Ozônio (O<sub>3</sub>) e material particulado. Quanto ao tipo de atividade física realizada observou-se desde futebol, corrida, ciclismo, hockey e

outros tipos de exercícios. A maioria dos estudos avaliou o desempenho físico através da função pulmonar pela espirometria (Quadro 2).

**Quadro 2** - Tipos de poluentes atmosféricos, modalidade de exercício e desempenho físico encontrado nos estudos incluídos na revisão

Poluente Atmosférico	Modalidade de Exercício	Análise do Desempenho
Monóxido de Carbono (CO) Dióxido de Nitrogênio (NO <sub>2</sub> ) Ozônio (O <sub>3</sub> ) Dióxido de Enxofre (SO <sub>2</sub> ) Material Particulado (PM <sub>10</sub> e PM <sub>2,5</sub> ) Monóxido de Carbono (CO)	Futebol	- Função pulmonar (espirometria): comparação da função pulmonar em uma área poluída e outra menos poluída. - Distância do teste de corrida - A captação máxima de oxigênio de cada sujeito (VO <sub>2</sub> max) - Distância total percorrida - Distância percorrida individual durante o jogo - Esforço de alta intensidade (Velocidade > 4m/s) durante o jogo - Teste de Cooper - Borg
Monóxido de Carbono (CO) Dióxido de Nitrogênio (NO <sub>2</sub> ) Ozônio (O <sub>3</sub> ) Dióxido de Enxofre (SO <sub>2</sub> ) Material Particulado (PM <sub>10</sub> ).	Maratona	- Tempo de finalização do exercício
Monóxido de Carbono (CO) Ozônio (O <sub>3</sub> ) Óxidos de nitrogênio (NOX) Dióxido de enxofre (SO <sub>2</sub> ) Material particulado (PM <sub>10</sub> )	Corrida (campo, pista de atletismo e cross-country)	- Endurance - Função pulmonar (espirometria) - Hemograma - Tempo de corrida
Monóxido de carbono (CO) Dióxido de Nitrogênio (NO <sub>2</sub> ) Ozônio (O <sub>3</sub> ) Dióxido de sulfeto (CSO <sub>2</sub> ) Material Particulado (PM <sub>10</sub> e PM <sub>2,5</sub> )	Ciclismo	-Função pulmonar (espirometria) -Pressão arterial -Variabilidade de frequência cardíaca (VFC)
Monóxido de Carbono (CO) Ozônio (O <sub>3</sub> ) Material particulado (PM)	Hockey	- Função pulmonar (espirometria)
Monóxido de Carbono (CO) Dióxido de Nitrogênio (NO <sub>2</sub> ) Ozônio (O <sub>3</sub> ) Dióxido de enxofre (SO <sub>2</sub> ) Material particulado (PM <sub>10</sub> )	Exercício Aeróbico	- Função pulmonar (espirometria)
Monóxido de carbono (CO) Dióxido de nitrogênio (NO <sub>2</sub> ) Dióxido de sulfeto (CSO <sub>2</sub> ) Ozônio (O <sub>3</sub> ) Material Particulado (PM <sub>10</sub> e PM <sub>2,5</sub> )	Intermitentes de intensidade moderada e teste de esforço	- Função pulmonar (espirometria) - Pressão arterial - Variabilidade de frequência cardíaca (VFC) pelo Teste aeróbico

Fonte: dados da pesquisa.

A espirometria consiste em um teste que mede o desempenho respiratório do indivíduo e permite identificar valores específicos de volumes ventilatórios, e associado ao diagnóstico clínico consegue dizer a capacidade pulmonar de uma pessoa, possíveis patologias ou alterações influenciadas pelos efeitos de agentes como substâncias químicas ou cigarro (Ferreira, 2017).

Os estudos que avaliaram o desempenho físico utilizando apenas a espirometria foram os de Das e Chatterjee (2014); Folinsbee e Raven (2007); Geraint *et al.* (2011) e Giles e Koehler (2014). Segundo Folinsbee e Raven (2007) e Giles e Koehler (2014), representados no Quadro 3, observaram resultados

semelhantes em seus estudos: em adultos saudáveis, que praticavam o mesmo tipo de exercício principalmente aeróbico, relataram efeitos nocivos da poluição sobre o desempenho físico. No entanto, Folinsbee e Raven (2007) não esclareceram o tipo de exercício realizado. Apesar do protocolo do exercício, a duração e as características de exposição à poluição do ar variar entre os estudos, todos os valores referentes VEF<sub>1</sub> e a CVF apresentaram um decréscimo no exame de espirometria. Essas alterações podem ser explicadas pelos autores, em função das altas concentrações de monóxido de carbono, que influenciam na diminuição da captação máxima de oxigênio influenciando assim, no desempenho do exercício.

**Quadro 3** – Características gerais dos estudos incluídos na revisão

Título/Autor/Ano	País/Tipo do Estudo	População / Tipo de Atividade Física
Association of Ambient Air Quality with Pulmonary Function of Youngster Footballers Das, Chatterje, (2014)	Índia Estudo transversal	Meninos jovens (14-16 anos) Futebol
Effect of air pollution on marathon running performance Marr et al., (2010)	Estados Unidos Estudo Transversal	Homens/ Mulheres (8-28 anos) Maratona
The effect of air pollution on diurnal variation of performance in anaerobic tests, cardiovascular and hematological parameters, and blood gases on soccer players following the Yo-Yo Intermittent Recovery Test Level-1 Boussetta et al. (2017)	Tunísia Estudo Experimental	Homens (20-24 anos) Futebol

Título/Autor/Ano	Pais/Tipo do Estudo	População / Tipo de Atividade Física
Ambient air pollution and human performance: contemporaneous and acclimatization effects of ozone exposure on athletic performance Mullins et al. (2018)	Estados Unidos Revisão Narrativa	Homens e Mulheres (18-23 anos). Endurance (corrida em campo, pista e atletismo)
Exercise and air pollution Folinsbee e Raven (2007)	Estados Unidos Revisão Narrativa	Adultos Jovens Não informa o tipo de atividade
Athens 2004: the pollution climate and athletic performance Geraint et al. (2011)	Reino Unido Revisão Narrativa	Atletas de elite masculinos e Femininos. Ciclismo, treinamento Aeróbico e Endurance
The Health Effects of Exercising in Air Pollution Giles, Koehle (2014)	Nova Zelândia Revisão sistemática	Crianças e adultos jovens Exercício aeróbico: -Corrida, -Ciclismo, -Hockey.
Exercise and outdoor ambient air pollution Carlisle et al. (2001)	Inglaterra Revisão Sistemática	Adultos Jovens Corrida
Oxidant Air Pollution and Athletic Performance Wayne; Wehrle e Carroll (1967)	Estados Unidos Estudo Transversal	Meninos Corridas (cross-country)
Exercise and air pollutants exposure: A systematic review and meta-analysis Qin et al. 2019)	China/EUA Revisão sistemática	- exercício aeróbico (ciclismo, caminhada e corrida). - exercícios intermitentes de intensidade moderada
Impact of Environmental Parameters on Marathon Running Performance Helou et al. (2012)	França Transversal	Homens e mulheres Corrida
Air Pollutants Reduce the Physical Activity of Professional Soccer Players Zacharko et al. (2021)	Alemanha Transversal	461 jogadores de futebol Competição de Futebol
Reaction of the Organisms of Young Football Players to City Smog in the Sports Training (Duda et al., 2020)	Polônia Experimental	30 jogadores (15 e 16 anos) Futebol

Fonte: dados da pesquisa.

Já Geraint *et al.* (2011) atribuem tal efeito aos altos volumes de ventilação sustentados pelos atletas, que na presença de O<sub>3</sub> apresenta um efeito construtivo das vias aéreas reduzindo assim a ventilação pulmonar eficaz. Tal fato ocorre quando o exercício é realizado em situações com concentrações de ozônio de 0,20 ppm.

Das e Chatterjee (2014) compararam dois lugares em Calcutá, sendo um com baixos níveis de poluentes e outro com altos níveis de poluição. Adolescentes sedentários e jogadores de futebol também foram comparados em ambos os locais. Os autores relataram menores valores de CFV, VEF<sub>1</sub> e FEF25-75% tanto para meninos sedentários como para jogadores de futebol na área poluída. No entanto, comparando os resultados dos dois grupos de indivíduos da mesma área, observou-se que os valores dos parâmetros de função pulmonar dos sujeitos treinados diferem, significativamente, dos padrões dos sujeitos sedentários, demonstrando que mesmo com níveis aumentados de poluição a função pulmonar se apresenta significativamente maior em atletas em comparação com não atletas.

Duda *et al.* (2020) também avaliaram o desempenho de jogadores de futebol comparando-os em ambiente poluído e em condições de ar limpo (ambiente não poluído). Apesar de não terem avaliado função pulmonar, utilizaram o teste de aptidão de Cooper para avaliar o desempenho e resistência, o teste de caminhada de 6 minutos para reação do corpo ao esforço físico e a taxa de esforço percebido pela escala

de Borg. Os autores constataram que o planejamento do treinamento esportivo deve considerar tanto os métodos e os meios do treinamento, quanto os fatores ambientais (poluição do ar); que o esforço físico em condições de poluição atmosférica deve ser feito com o uso de máscaras faciais anti-poluição, uma vez que o desempenho dos jogadores foi pior; e que o treinamento esportivo (particularmente para jovens) deve levar estritamente em consideração o ambiente em que o treinamento ocorre.

A piora de apenas um parâmetro de poluição atmosférica resulta em uma redução significativa no desempenho, assim como a distância percorrida total e o esforço de alta intensidade diminuirão consideravelmente em ambiente poluído. Além disso, melhorar a qualidade do ar durante sessões de treino e competições desportivas resultará em um melhor bem-estar e desempenho desportivo dos atletas e, também, ajudará a protegê-los de efeitos negativos para a saúde causada pela poluição do ar (Zacharko *et al.*, 2021).

Os autores Carlisle e Sharp (2001) e Qin *et al.* (2018), em seu estudo de revisão sistemática, utilizaram a espirometria e testes aeróbicos para avaliação do desempenho. Carlisle e Sharp (2011) selecionaram artigos que apresentavam valores de espirometria diminuídos mediante ambiente poluído com NOx e COVs; em relação aos parâmetros cardiovasculares e observaram que a pressão arterial, função vascular e variabilidade da frequência cardíaca (VFC) estavam alterados em relação aos padrões normais. Relataram que os resultados

do desempenho do exercício foram avaliados mediante aptidão aeróbica pelos testes de corrida de 12 minutos,  $VO_2$  e  $VO_{2\text{máx}}$ . O débito cardíaco máximo e a diferença arteriovenosa máxima foram reduzidos, resultando em uma diminuição na captação máxima de oxigênio, alterando o desempenho físico.

Qin *et al.* (2018) observaram que os estudos incluídos em sua revisão relataram que houve diminuição nos valores espirométricos decorrente dos efeitos dos poluentes ( $CO$ ,  $NO_2$ ,  $O_3$ ,  $SO_2$  e MP) inalados pelos praticantes de exercícios na função pulmonar. Cinco estudos não observaram nenhum efeito significativo do exercício sobre a saúde e o ambiente poluído. Sete estudos relataram que a exposição ao poluente do ar (exposição ao ozônio, PM ou exaustão de diesel) durante o exercício foi associada a um risco aumentado de inflamação das vias aéreas e a decréscimos na função pulmonar; seis estudos descobriram que a exposição à poluição no trânsito ou à alta concentração de PM durante o exercício pode contribuir para alterações na pressão arterial, na função sistêmica e na função microvascular. E três estudos mostraram que o desempenho do exercício diminuiu nas condições de exposição ao MP (Qin *et al.*, 2018).

Os estudos incluídos nas revisões de literatura de Geraint *et al.* (2011); Carlisle e Sharp (2010); Qin *et al.* (2018); Folinsbee e Raven (2007) mostraram que a combinação de exercício e poluente do ar pode prejudicar a saúde e o desempenho atlético. Esta é uma informação relevante, uma vez que a poluição atmosférica é atualmente um problema considerável para muitos países. Eles ainda relataram que a exposição ao MP diminuiria o desempenho no exercício e aumentaria a incidência de comprometimento cardiopulmonar durante a atividade, por atuar no mecanismo de estresse oxidativo. Concordam também que exposição ao  $O_3$  está relacionada à dose efetiva que um indivíduo experimenta. A dose efetiva é uma combinação da concentração de  $O_3$ , a duração da exposição e o volume de ar ventilado (Geraint *et al.*, 2011).

As doses altas de  $O_3$  foram consideradas causa da diminuição da função pulmonar e, conseqüentemente, do desempenho físico. No entanto, ressaltaram que é difícil ter confiança real ao empregar modelos disponíveis para estimar o efeito da exposição ao  $O_3$  em atletas de alto desempenho, por duas perspectivas: a primeira é que os modelos são baseados em taxas de ventilação muito mais baixas do que as obtidas pelos atletas (Geraint *et al.*, 2011); e a segunda é que a resposta ao  $O_3$  pode variar entre os indivíduos (Carlisle; Sharp, 2001).

Mullins *et al.* (2017) pesquisaram sobre o efeito  $O_3$  na atividade física. Demonstraram que o ozônio afeta a função pulmonar e a saúde respiratória em curto e longo prazo, além de reduzir o desempenho. Por ser um poluente secundário, e uma vez formado, o  $O_3$  tem uma vida útil atmosférica longa (aproximadamente 22 dias), o que leva amplo transporte tanto do ponto de formação quanto das fontes de seus componentes químicos.

Os resultados que mostraram efeitos negativos e significativos do  $O_3$  ambiente, no desempenho dos atletas permitem afirmar que danos fisiológicos podem ocorrer mesmo em baixos níveis ambientais. O nível de  $O_3$  no ambiente em que foi encontrado foi de 33,96 ppb, sugere que os danos provocados por esse podem ser acumulados pelos indivíduos que estão expostos ao poluente. O coeficiente estimado do  $O_3$  no ambiente avaliado pressupõe que a cada 10 ppb aumentados nos níveis de ozônio, resultam em uma redução de desempenho de 1,13% considerando o desvio padrão, isso se refere a uma redução de 0,39% no desempenho.

Os achados sobre  $O_3$  da pesquisa de Marr e Ely (2010) apresentaram resultados acima dos valores considerados normais quando realizados em corridas, durante os anos em que foram avaliados. Os valores de  $O_3$  excederam os de referência nacional, porém em número reduzido de vezes.

Nos estudos de Mullins *et al.* (2017), Wayne, Wehrle e Carroll (1967) e Nour *et al.* (2012), a atividade física descrita foi a corrida. Apesar de sugerirem que a poluição do ar pode promover a produção de radicais livres e induzir a uma inflamação sistêmica, não detalharam quais foram os parâmetros utilizados para avaliar o desempenho físico.

A exposição a poluentes pode ocorrer de forma aguda, que acontece por grandes variações diárias de poluentes, ou de forma crônica, ao longo dos anos, morando em locais constantemente poluídos. Ambas as formas de exposição podem levar ao maior risco de desenvolver doenças cardiovasculares, respiratórias e câncer de pulmão (Linsey *et al.*, 2009).

Wayne, Wehrle e Carroll (1967) demonstraram que o tempo médio das equipes de competições de corrida não melhorou e coincidiu de serem os períodos com os piores dias da série e de poluição do ar, que foi medida pelo nível de oxidante uma hora anterior à corrida. A porcentagem de membros da equipe que não melhoraram seu desempenho esteve altamente correlacionada com o nível de MP. As correlações com outros poluentes do ar foram menos impressionantes ou ausentes. Um dos efeitos adversos do MP é causar estresse oxidativo que estimula a regulação positiva da expressão gênica de proteínas de citocinas, como o fator de necrose tumoral, que medeia a inflamação (Geraint *et al.*, 2011). A exposição ao MP também pode levar a apresentar sintomas como: irritação do nariz e da garganta, tosse, chiado no peito, falta de ar e incapacidade de respirar fundo, em função da dor ou constrição subesternal no peito. Além disso, quando a exposição ao  $O_3$  estiver associada podem ocorrer sintomas como náusea e cefaleia (Wayne; Wehrle; Carroll, 1967).

Em relação a outros gases poluentes, Das e Chatterjee (2014); Marr e Ely (2010); Folinsbee e Raven (2007); Geraint *et al.* (2011); Giles (2013); Carlisle e Sharp (2011); Qin *et al.* (2018); e Nour *et al.* (2012) também citaram em seus estudos outros gases pesquisados, que obtiveram menor representatividade na influência com o exercício, mas que apresentam um risco a saúde dos indivíduos. Entre esses estão

o SO<sub>2</sub>, um gás denso, incolor, não inflamável e altamente tóxico, cuja inalação pode ser fortemente irritante. Em níveis ambientais atuais, é improvável que o SO<sub>2</sub> afete o desempenho atlético. Trata-se de um poluente mais onipresente que o O<sub>3</sub>, que em concentrações equivalentes tem muito menos impacto na função pulmonar (Nour *et al.*, 2012).

O nível de limiar para efeitos de SO<sub>2</sub> na função pulmonar provavelmente fica entre 1 e 2 ppm, enquanto no ozônio um nível de limiar próximo de 0,2 ppm. Segundo Carlisle e Sharp (2011), o SO<sub>2</sub> teria um efeito menos comprometedor aos atletas, pelo fato do gás se dissolver rapidamente na água. Portanto, tende a ser removido da corrente de ar inspirado pelas superfícies úmidas das vias aéreas superiores, especialmente, a mucosa nasal.

Os COVs, pesquisados por Carlisle e Sharp (2011), consistem em muitos produtos químicos, incluindo hidrocarbonetos não metânicos (alcanos, alcenos e aromáticos), halocarbonos (tricloroetileno) e oxigenados (álcoois, aldeídos e cetonas) apresentam malefícios semelhantes à do SO<sub>2</sub>, quando emitidos no ambiente, em função da carcinogenicidade do benzeno e dos hidrocarbonetos poliaromáticos, nenhum nível de segurança é recomendado pela Organização Mundial de Saúde. Somando-se a isso, existem poucos estudos sobre a exposição a COVs durante o exercício, critica esta realizada pelo autor, que comparou os praticantes de ciclismo em áreas urbanas com áreas rurais.

Sobre os poluentes derivados do Nitrogênio (Dióxido de nitrogênio- NOx e Oxido de nitrogênio-NO<sub>2</sub>) pertencentes a uma família de gases altamente reativos que são formados a partir da queima de combustível em altas temperaturas, estudos relataram que tais poluentes podem gerar nos pulmões radicais livres e inflamação. Porém, obtiveram informações limitadas sobre os efeitos adversos de tais poluentes, quando observados durante o exercício (Geraint *et al.*, 2011; Marr; Ely., 2010; Qin *et al.*, 2018).

Por fim, o CO, citado em todos os estudos selecionados apresentou grande preocupação, pelo fato de ser o poluente de maior concentração e de maior facilidade de formação ambiental. Por apresentar uma alta capacidade de ligação à hemoglobina, gera um efeito significativo na captação de oxigênio e como consequência no desempenho do exercício.

Em áreas poluídas, os autores Carlisle e Sharp (2001) e Boussetta *et al.* (2017) observaram que ocorreu um aumento do nível de pressão parcial do dióxido de carbono (PvCO<sub>2</sub>) e diminuição dos níveis de PH, PvO<sub>2</sub> e HCO<sub>3</sub> sanguíneo. Aumento esse provocado pelas altas concentrações de CO inalado pelo trato respiratório. Esse fato causou uma diminuição do oxigênio muscular, e um aumento de CO<sub>2</sub> resultante da atividade muscular que reflete na elevação do sangue venoso, e desordenam o equilíbrio ácido-base e diminuem o PH parcialmente intracelular causando a fadiga.

Foi demonstrado que quando os indivíduos realizavam um trabalho máximo enquanto respiravam ar contendo 50, 75 e 100 ppm de CO, o tempo de desempenho foi reduzido

significativamente, pela diminuição dos níveis de COHb. Já a captação máxima de oxigênio só foi afetada até que níveis superiores a 4,3% fossem atingidos (Folinsbee; Raven, 2007).

Apesar dos estudos abordarem a atividade física e a poluição do ar, muitos não descreveram as características do exercício realizado, principalmente, os aspectos funcionais da atividade como a carga, repetição, intensidade, tempo, incluindo o detalhamento do protocolo. Esses aspectos dificultaram definir, para cada tipo de exercício, os fatores que influenciaram no desempenho físico. Além disso, avaliar o efeito de um único poluente do ar separadamente não é simples, pois não consegue ser isolado no ar inalado, apenas combinado com outros parâmetros, com, por exemplo, o índice de qualidade do ar. Portanto, qualquer influência possível provavelmente se deve a uma combinação de componentes.

No entanto, este estudo possibilitou identificar lacunas no conhecimento científico sobre o tema, uma vez que poluição e atividade física têm ganhado credibilidade e bastante repercussão voltadas para o desenvolvimento de recursos que melhorem a qualidade de vida e que diminuam o impacto da poluição na saúde.

Ainda são escassas as informações a respeito dos fatores que influenciam negativamente o desempenho físico em ambientes externos poluídos. A dificuldade de experimentos com maior controle das variáveis em ambientes externos e a influência do clima como fator agravante ou de confusão são aspectos que impedem o estabelecimento de causa e efeitos para os diversos poluentes atmosféricos e tipos de exercício físico.

#### 4 Conclusão

A maioria dos estudos identificou que o ambiente externo poluído tem influência negativa no desempenho da atividade física. Os estudos foram predominantemente realizados em adultos saudáveis, especialmente em atletas. Porém, não foi possível identificar se essa diminuição tem efeito a curto ou em longo prazo de acordo com o tipo de exercício, bem como o tipo de poluente, uma vez que os estudos diferem entre si, tanto quanto as características dos poluentes estudados quanto ao tipo de exercício realizado. Além disso, os estudos reforçam que a poluição atmosférica promove alterações funcionais respiratórias e cardiovasculares levando a diminuição do desempenho físico.

#### Referências

- ARAUJO, N.A.A. et.al. O Paradoxo da saúde pública: a prática de exercícios físicos e a poluição atmosférica. Rev. Inic. Cient. Tecnol. Artística, v.6, n.5, p.103-113, 2017.
- ARBEX, M.A. et al. A poluição do ar e o sistema respiratório. J. Bras. Pneumol. v.38, n.5, p.643-655, 2012. doi: <https://doi.org/10.1590/S1806-37132012000500015>.
- AROMATARIS, E. et al. JBI Manual for Evidence Synthesis. JBI, 2024. doi: <https://doi.org/10.46658/JBIMES-24-01>.
- BIDETTI, B.B. et al. Avaliação do efeito de gases poluentes

- na corrosão metálica: um experimento para o ensino da corrosão. *Quím. Nova*, v.34, n.8, p.1472-1475, 2011. doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422011000800031>.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho nacional do Meio Ambiente, CONAMA. Resolução nº 003 de 28 de junho de 1990. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR. Brasília, DF; 2009.
- BOUSSETTA, N. et al. The effect of air pollution on diurnal variation of performance in anaerobic tests, cardiovascular and hematological parameters, and blood gases on soccer players following the Yo-Yo Intermittent Recovery Test Level-1. *Chronobiol. Int.*, v.34, n.7, p.903-920, 2017. doi: [10.1080/07420528.2017.1325896](https://doi.org/10.1080/07420528.2017.1325896).
- CANCADO, J.E.D. et al. Repercussões clínicas da exposição à poluição atmosférica. *J. Bras. Pneumol.*, v.32, p.S5-S11, 2006. doi: <https://doi.org/10.1590/S1806-37132006000800003>.
- CARLISLE, A.; SHARP, N. Exercise and outdoor ambient air pollution. *British Journal Sports Medicine*, v.35, n. 4, p.214-22, 2001. doi: [10.1136/bjism.35.4.214](https://doi.org/10.1136/bjism.35.4.214).
- DAPPER, S.N.; SPOHR, C.; ZANINI, R.R. Poluição do ar como fator de risco para a saúde: uma revisão sistemática no estado de São Paulo. *Estud. Av.*, v.30, n.86, p.83-97, 2016. doi: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142016.00100006>.
- DUDA, H. et al. Reaction of the organisms of young football players to city smog in the sports training. *Int. J. Environ. Res. Public Health.*, v.17, n.15, p.5510, 2020. doi: [10.3390/ijerph17155510](https://doi.org/10.3390/ijerph17155510)
- BAGATIN, E.; ANTÃO, V.C.S.; PINHEIRO, G.A. Vigilância epidemiológica e doenças ocupacionais respiratórias. *J. Bras. Pneumol.*, v.32, supl.2, p.S1-S4, 2006. doi: <https://doi.org/10.1590/S1806-37132006000800002>.
- FERREIRA, M.S. et al. Spirometry and volumetric capnography in lung function assessment of obese and normal-weight individuals without asthma. *J. Pediatr. (Rio J.)*, v.93, n.4, p.398-405, 2017. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jped.2016.10.007>.
- FLOURIS, A.D. Modelling Atmospheric Pollution During the Games of the XXVIII Olympiad: Effects on Elite Competitors. *Int. J. Sports Med.*, v.27, n.2, p.42-137, 2006. doi: [10.1055/s-2005-837660](https://doi.org/10.1055/s-2005-837660).
- GALVÃO, T.F. et al. Principais itens para relatar Revisões sistemáticas e Meta-análises: A recomendação PRISMA. *Epidemiol. Serv. Saúde*, v.24, n.2, p.335-342, 2015. doi: [10.5123/S1679-49742015000200017](https://doi.org/10.5123/S1679-49742015000200017).
- GERAINT, F.J. et al. Athens 2004: the pollution climate and athletic performance. *J. Sports Sci.*, v.22, n.10, p.967-980, 2011. doi: [10.1080/02640410400000272](https://doi.org/10.1080/02640410400000272).
- GILES, L.; KOEHLE, M. The health effects of exercising in air pollution. *Sports Med.* v.44, n.2, p.223-49, 2014. doi: [10.1007/s40279-013-0108-z](https://doi.org/10.1007/s40279-013-0108-z).
- SANTOS, U.P. et al. Environmental air pollution: respiratory effects. *J Bras Pneumol.*, v.47, n.1, p.e20200267, 2021. doi: <https://doi.org/10.1590/1806-3756/e20200267>.
- HELOU, E.N. et al. Impact of environmental parameters on marathon running performance. *PloS One*, v.7, n.5, p.e37407, 2012. doi: [10.1371/journal.pone.0037407](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0037407).
- HODGSON, A.; HITCHING, R. Urban air pollution perception through the experience of social practices: Talking about breathing with recreational runners in London. *Health & Place*, v.53, n.23, p.26-33, 2018. doi: [10.1016/j.healthplace.2018.07.009](https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2018.07.009).
- FOLINSBEE, L.F.; RAVEN, P.B. Exercise and air pollution. *J. Sports Sci.*, v.2, p.57-75, 1984. doi: <https://doi.org/10.1080/02640418408729696>.
- MARR, L.; ELY, M.R. Effect of Air Pollution on Marathon Running Performance. *Med Sci Sports Exerc.*; v.42, n.3, p.585-91. 2010. doi: [10.1249/MSS.0b013e3181b84a85](https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181b84a85).
- MATSUDO, S.M.; MATSUDO, V.K.R.; BARROS NETO, T.L. Atividade física e envelhecimento: aspectos epidemiológicos. *Rev. Bras. Med Esporte*, v.7, n.1, p.2-13, 2001. doi: <https://doi.org/10.1590/S1517-86922001000100002>.
- MULLINS, J.T. Ambient air pollution and human performance: contemporaneous and acclimatization effects of ozone exposure on athletic performance. *Heath Econ*, v.27, n.8, p.1189-1200, 2018. doi: [10.1002/hec.3667](https://doi.org/10.1002/hec.3667).
- DAS, P.; CHATTERJEE, P. Association of Ambient Air Quality with Pulmonary Function of Youngster Footballers. *Asian J Sports Med.*, v.5, n.1, p.39-46, 2014.
- PAGE, M.J. et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, v.372, n.71, 2021. doi: [10.1136/bmj.n71](https://doi.org/10.1136/bmj.n71).
- PELEGRINI, A. et al. Aptidão física relacionada à saúde de escolares brasileiros: dados do projeto esporte Brasil. *Rev. Bras. Med. Esporte*, v.17, n.2, p.92-96, 2011. doi: <https://doi.org/10.1590/S1517-86922011000200004>.
- QIN, F. et al. Exercise and air pollutants exposure: A systematic review and meta-analysis. *Life Sci.*, v.218, p.153-164, 2019. doi: [10.1016/j.lfs.2018.12.036](https://doi.org/10.1016/j.lfs.2018.12.036).
- SILVA JUNIOR, R.S.; ANDRADE, M.F. Validação de poluentes fotoquímicos e inclusão do inventário de emissões no modelo de qualidade do ar WRF/CHEM, para a região metropolitana de São Paulo. *Rev. Bras. Meteorol.*, v.28, n.1, p.105-121, 2013. doi: <https://doi.org/10.1590/S0102-77862013000100010>.
- VERARDI, C.E.L. et al. Esporte, stress e burnout. *Estud. Psicol. Campinas*, v.29, n.3, p.305-313, 2012. doi: <https://doi.org/10.1590/S0103-166X2012000300001>.
- ZACHARKO, M. et al. Air Pollutants Reduce the Physical Activity of Professional Soccer Players. *Int. J. Environ. Res. Public Health.*, v. 18, n.24, p: 12928, 2021. doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph182412928>
- WAYNE, W.S.; WEHRLE, P.F.; CARROLL, R.E. Oxidant Air Pollution and Athletic Performance. *JAMA*, v.199, n.12, p.901-904, 1967. doi: [10.1001/jama.1967.031201200890](https://doi.org/10.1001/jama.1967.031201200890)